臺灣省農業試驗所報告

第二十四號

BULLETIN

OF

TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE

No. 24

臺　灣　省

紅棕壤生成之綜合研究

梁鉅榮　黎靜韻

A SYNTHESIS STUDY OF THE GENESIS OF REDDISH BROWN LATOSOLS IN TAIWAN, CHINA

by

K. W. LEUNG & C. Y. LAI

抽印自中華農學會報新第五十二期

Reprinted from the Journal of the Agricultural Association of China, New Series No. 52

臺灣省　臺北市

臺灣省農業試驗所

中華民國五十四年十二月

TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE

Taipei, Taiwan, China

Dec. 1965

臺灣省紅棕壤生成之綜合研究[1]

梁 鉅 榮[2]　黎 靜 韻[3]

一、紅棕壤生成之理論

(一)磚紅土化作用 (Laterization) 之解釋 根據美國農部1938年年報 Soil and Men (*4*) 之記載，紅棕壤之生成係由磚紅土化作用 (Laterization)，並具少許或無灰土化作用生成。為明瞭該土壤生成之實際，因先究明有關磚紅土化作用之解釋。

1. 化學性的解釋：據 Byers H. G. 等之報告 (*4*) 磚紅土化作用，係岩石礦物之逐漸的水解作用，其最後發展之結果生成矽酸，$Al(OH)_3$, $Fe(OH)_3$，或多少完全脫水之產物——磚紅土 (Laterite)。一般而言，矽酸係較 Fe_2O_3 與 Al_2O_3 容易由溶液中移去，一個完全化育之 Laterite，可以僅存 $Al(OH)_3$ 與 $Fe(OH)_3$，雖在正常狀況下，該作用在任一土壤均化育不完，其最後分解產物含有極少酸性物質，結果具有少數鹽基保持能量。

2. 母質風化之解釋：嚴謹以言，磚紅土化作用，為一土壤物質生成之作用(*4*)——一種岩石風化結果生成磚紅土化的粘土作用。此粘土在灰土化作用進行下，生成濕潤溫暖之溫帶與熱帶地區之紅色灰化土或黃色灰化土之特質。該磚紅土化粘土，其原始即係紅色，並具網狀之紅與淡灰色、淡黃色或淡白色之斑紋；惟如該處排水狀況良好，則每呈劃一之紅色。該磚紅土化粘土有厚達100尺，一若在數千年前即已活動風化者；該粘土由多種不同岩石物質，包括暗色細粒火成岩、花崗岩、頁岩與壤質砂岩及石灰石殘積物等生成。

3. 礦物性的說明：本作用生成之粘土，可能多係擬高嶺石型 (Halloysite 或 Kaolinitic)，並具 SiO_2/Al_2O_3 比率為 2 之粘土，係其最後安定產物(*4*)。

4. 磚紅土之特質 (*4*)：磚紅土化風化作用之最後產物為磚紅土 (Laterite)，此理論雖未成定論，惟磚紅土之特質可舉例如下：(1) 印度之 Laterite——由 BUCHANAN 敘述者，係一網狀斑紋、紅色、淡黃色與灰白色粘土，有些淡色粘土已除去，遺留具有細胞狀構造。該粘土暴露於空氣中，堅硬如岩石，係由極大部之氫氧化鐵鋁構成。(2)古巴與波多黎各之鐵質磚紅土 Ferrogenous laterite 與夏威夷者均係具暗棕紅色，團粒構造，其本質通透，較正常之磚紅土含較豐富之鐵，間有細胞狀鐵石層，與頗多黑色鐵錳結核。

5. 磚紅土化土壤 (Lateritic soils)：土壤之受磚紅土化作用顯著之影響，尚未達完成階段者稱為磚紅土化土壤。其著名之代表在美國為濕潤之南部與東南部之紅色或黃色土壤，在西印度則為極重要之土壤，大部均已受灰土化作用影響。

土壤之生成由磚紅土化物質者，常多少有灰土化影響，特別係含有中量或高量之石英砂或坋粒者為然。

(二)紅棕壤獨立土類之成立

1. MARBUT 氏之分類(*3*)：馬畢氏於1927年提出之分類系統內，在富鐵鋁土 Pedalfers 下有磚紅化土 (Lateritic soils)，與磚紅土 (Laterite soils) 或草埔土 (Prairie soils) 等平衡，同屬化育完善之土類。

2. BALDWIN 等之修正 (*4*)：1938年 BALDWIN 等修正馬氏之分類表，在 Zonal soils 下 Pedalfers 之第五亞綱，稱為溫帶或熱帶林地之磚紅化土，與第四亞綱之林地淡色灰化土 Podzolic soils 平衡，並在磚紅化土內包括下列五土類：(1) Yellow podzolic soils; (2) Red podzolic

---

1. 本研究之完成，得國家長期發展科學委員會之補助，謹此誌謝

2. 臺灣省農業試驗所技正　3. 臺灣省農業試驗所技士

soils and terra rossa; (3) Yellowish brown lateritic soils; (4) Reddish brown lateritic soils; (5) Laterite soils。則 Lateritic soils 亞土綱係包括兩成土作用之土壤，即 Podzolization 與 Laterization。此與母質風化之解釋相同，而紅棕壤 Reddish brown lateritic soils 則僅係磚紅土化土壤中之一土類，至爲明顯。

3. 紅棕壤之特徵：(1) 按1938年農部年報所載之紅棕壤剖面及其環境如下：A. 剖面特徵：紅棕或暗紅棕色，脆性，團粒狀粘質土，蓋上深紅色脆性與團粒狀之粘土，網狀斑紋，深厚之底層。B. 當地植物：熱帶多雨林區以至南方大草原之邊緣。C. 氣候：熱帶，濕潤——乾燥，中度高雨量。D. 自然排水：內外均良好。E. 成土作用：磚紅土化作用與少許或無灰土化作用。

(2) THORP & SMITH 1949之說明：(*5*)：兩氏建議將黃棕壤與紅棕壤合併，由於兩類土壤之構造及化學特性頗多相似之處，擬用一新名稱 Reddish brown latosols 或 Reddish-brown chromosols，以代替1938年報所分類之 Laterite soils, the Reddish brown lateritic soils 與 the yellowish brown lateritic soils.

(三)過去各學者之理論

1. BENNETTE (*6*) 將熱帶或亞熱帶紅色土壤分爲脆性與非脆性，由其風化複合物之特徵以區分：(1) 非脆性土壤，係具相當之矽質，其風化複合物具有高度特質之可塑性，及粘着性粘土特質。(2) 脆性土壤則具相當之鐵鋁氧化物，其風化複合物具粘土之可塑性及粘着性則明顯的減低。氏對 Laterite soils 與 Lateritic soils, 之間不劃一界線，彼以 SiO_2/R_2O_3 等於2.0作爲某些熱帶土壤之限制。

2. WIEGNER 之假設(*2*)，以爲在熱帶氣候環境下，矽酸鹽在游離 OH^- 存在下，加水分解生成 $HSiO_3$。該 OH^- 堅定水化矽之陰離子，因而加速在土壤中之脫離，同時此 OH^- 與 Al_2O_3 及 Fe_2O_3 相作用，因以凝結。換言之，OH^- 代替 $HSiO_3^-$，防止 Kaolin 之新生成，Fe_2O_3 或 Al_2O_3，或其 OH 膠體，經相當時日變成不可逆反應，甚或生成結晶物。

3. MARTIN 與 DOYNE (*2*) 提議，用粘粒部分之 SiO_2/Al_2O_3 以區分 Lateritic soils 與 Laterite：(1) 比率在1.33以下者爲磚紅土 (Laterite)；(2) 比率在 1.33～2.00 之間者爲磚紅化土 (Lateritic soils)。

4. HARRASSOWITZ (*2*) 以全土壤之 Ki 值 (SiO_2/Al_2O_3) 作爲紅壤 (Red loam) 之顯著的化學特質。該比率如低於 2.0，表示游離 Al 之存在；其比率低於 1.0，指出該紅壤化已失去其粘土性質，轉爲 Allit。

5. SIMMONSON 氏之見解(*7*)：氏於1950年將紅色與黃色灰化土之生成，曾作一檢討，假定："該類土壤生成之顯著作用，係粘土礦物在其轉變的母質之深層生成，與其在 Sola 之漸變消失，作爲係破壞速度超越生成速度所致"。

6. KAYE 論列波多黎各之紅棕壤(*19*)：KAYE 氏於1951年在 Soil Science 發表，波多黎各頗多紅棕壤之剖面形態及其分布之詳細研究結果，認爲該類紅棕壤係鮮新統某一時期氣候所形成之古剖面。

7. MERWE 與 HEYSTEK 之粘土礦物的研究：MERWE 氏等1952年研究南非州磚紅土及其相關土壤之粘土礦物(*20*)，謂在磚紅土、紅棕壤及黃棕壤三者之膠體間並無明顯之區別，其最顯著之特質爲 Gibbsite 之含量隨雨量而成正比，母質之影響至爲輕微，礦物成分爲 Kaolinite, Gibbsite 與 Fe_2O_3，其間之區別，或可隨氧化鐵之形態，例如紅壤之 Hematite，黃壤之 Goethite，在排水良好與雨量豐富環境下，高度風化作用進行，土壤膠體僅含上列礦物，惟在年雨量低於30吋以下，則風化較遜，未分解之石英與雲母出現於膠體粒，粘土礦物如 Illite，Gibbsite 時或連續出現。

8. PRESCOTT 與 PENDLETON 之意見(*2*)：兩氏1952年認爲今日世界各地所見磚紅土化之土壤剖面，大多數不是現代氣候之產物。

(四)近十年來各學者之新見解

1. MOHR 與 VAN BARAN 等(*8*) 1954年謂磚紅化土 (Lateritic soils) 與磚紅壤 (Laterite) 為前世紀(上新世至中新世)風化物之遺物，而在下列環境下生成：(1) 有週期性之乾濕季節氣候；(2) 排水良好；(3) 地下水位昇降範圍大。意即指該兩類土壤之母質，係上新世至中新世之產物，再經過顯明之乾濕季節氣候與良好之排水環境下生成。

2. CLINE 氏(*9*)等將夏威夷之磚紅土化土壤，依其腐植質及鐵質之含量分為四土類：(1) 低腐殖紅壤 (Low humic latosols)；(2) 腐殖紅壤 (Humic latosols)；(3) 水化腐殖紅壤 (Hydrol humic latosols)；(4) 腐殖鐵質紅壤 (Humic ferroginous latosols)。

3. NYUN 與 McCALEB 氏1955年發表研究 Davidson 系之四土壤剖面與 Hiwassce 系之一剖面之化學、物理、礦物的與形態的特性，指出北加羅蘭 (North Carolina) 之紅棕壤經已和緩的灰土化，並顯示某些紅黃色灰化土之特質(*10*)。就礦物立論，此種剖面顯示鐵鎂與長石礦物幾已完全損失，其轉變之物質為顯著的 Kaolinite 與 Halloysite Fe_2O_3 礦物，原始的與次生的積聚其最高濃度於 B 層，黑雲母經由 Kaolinite 之漸進程序以轉變，係被提議作為粘土，由黑雲母合成之機構。

4. McCALEB 氏(*22*)就北加羅蘭之紅棕壤，紅色或黃色灰化土之18代表土壤剖面，作進一步土壤生成之研究，於1959年，發表其結論，謂紅黃色灰化土在濕潤溫和之溫帶與熱帶氣候風化狀況下化育，原始的容易風化的礦物轉變為次生粘土，氧化物與離子，當其鹽基流失後，不溶之氧化物分離為無定形的物質出現，粘土即顯著的同時生成，其種類視礦物之來源、溶解度或風化度之不同與當時顯著之離子化環境而定，時間與環境之變遷，繼續進行以生成 Kaolinite，其他粘土係假定指在不完全反應與遺傳不同，因而以不同之物理的、化學的與生物的環境，隨時間之不同，亦反應於形態之轉變，雜色似乎係根據原始礦物之種類，在原岩石上之分布與其時間及其他生成環境而異，18個剖面形態特徵與物理及化學特徵如下：

(1) 土層厚度：A層：紅棕壤較薄，紅色灰化土較厚，黃色灰化土最厚。B層之厚度相當固定，水成母質，約在15～19吋；火成母質在22～25吋。B_2/A：火成母質：紅棕壤 2.4，紅色灰化土 1.7，黃色灰化土1.3；水成母質：紅棕壤1.5，紅色灰化土1.1，黃色灰化土0.9。

(2) 18剖面三種土類均有質地B_2層。平均之陽離子交換能量在剖面中之分布為標準的灰土化。即 A_2 層最少，B_2 層最高。游離鐵 Fe_2O_3 含量，紅色灰化土之 A 層二倍於紅黃或黃色灰化土，B_2 層亦較A層與 C 層大增。

(3) 紅黃色灰化土 A_1 層之 pH 值最少，B_2 層最高；紅棕壤則適相反，即示 pH 自表層隨深度直線下降。

(4) 紅色灰化土各層之交換性鋁較其他者為低，水成母質生成者，其可交換鋁一般含量較豐。

此外有關礦物性質之特徵如下：A. 長石轉變為 Kaolinite 或 Halloysite，惟無中間程度者發見。B. 黑雲母與白雲母顯然經由 Vermiculite 之中間物以轉變為 Kaolinite。C. 火成母質生成之紅棕壤與紅色灰化土具 70～90 %之 Kaolinite, Halloysite 成分，自 A 之10%增至 C 之 40 %。D. 在紅棕壤與紅色灰化土中，Vermiculite 與 Gibbsite 占次要成分，且 C_{12} 層無Gibbsite，惟 Kaolinite 與 Vermiculite 則存在於各部，甚至細砂然。E. 中間性剖面之 Kaolinite 自40～60%，Vermiculite 自30～40%，Halloysite 被限於 B_2 層與在其下，並不超20% (A_2 層除外)，在 B_{31} 層下，無 Gibbsite 發見。F. 黃色灰化土之 Kaolinite 範圍自 40～80 %與 20～40 %之 Vermiculite, C 層則 Gibbsite 超 Kaolinite 以上。G. 由水成岩生成之剖面，則與上述者有異，除紅色灰化土之 B_{31} 層外，在 B 層下並無 Gibbsite 發見。各剖面中 Kaolinite 最豐，或等於 Vermiculite, Illite 係存在於中間性與黃色灰化土，惟無存於紅色灰化土中。H. 由頁岩生成之剖面，C 與 D 層有 Montmorillonite 少量存在。

5. SHERMAN 與 ALEXANDER 於1959年發表研究低腐殖紅壤之生成及其特質(*18*)，謂低腐殖

紅壤發見於乾至中等濕潤地區，該處有機質之積聚較濕潤區者爲少之紅壤而言，其土壤剖面有一弱之 A_1 層，而土體富含 Kaolin 粘土爲其特徵，土體之化學與礦物學成分劃一。粘粒部分具 Kaolin 50%與 Fe_2O_3 及少量之 Gibbsite；粘粒部分之 SiO_2/R_2O_3 範圍由1.1～1.7，其最大可及1.3～1.55，SiO_2/Al_2O_3 爲1.7～2.3，平均在 2.0。本類土壤之物理性質爲粘土具有坋質粘壤土之特性，由於其高量之 Kaolin 與 Fe_2O_3 之故。

6. 美國農部1960年第七次草案(*12*)中，有關紅棕壤（Reddish brown lateritic soils）之歸屬，該方案將 Reddish brown lateritic soils 歸入 Ultisols 土綱之 Ochrults 亞綱之 Rhodochrults 土類，符號即爲 8.22，其鑑別特徵如下：(1) 無 Oxic 或 Natric 層，具質地 B 層，但無溶提層之舌狀伸入，質地 B 層之鹽基飽和度小於35%。或隨質地 B 或 C 層之深度漸減，並具 Ochric 表層之土壤。(2) 全層潤時色值少於4，而色度少於 6 的質地 B 層，乾時色值較潤時不致大一單位以上。(3) 色譜範圍可由紅至棕，鐵之含量與色譜有關，其粘土部分游離鐵之範圍由12～30%。本類土壤即前稱之紅棕壤 Reddish brown lateritic soil 屬之。其母質係由鹽基性火成岩，有些含有黑矽石（Chert）或石英之矽質，少有由化合態矽高量母質生成；若母岩鹽基減少，則另列入 Typochrults (8.23)，爲相當於紅黃色灰化土（Red-yellow podzolic soils）者。

7. DUDAL 氏研究爪哇之磚紅化土(*23*)，DUDAL 氏於1960年在第七次世界土壤學會發表有關爪哇磚紅化土與黑色火山灰土之生成關係一文，說明在爪哇由不堅實之安山岩或玄武岩的物質，在濕潤至亞濕潤氣候環境下生成磚紅化土及黑色火山灰土。該火山層被相同成分物質覆蓋，具充分長時間影響於土壤生成，自海平面以至火山之頂，按其顯著之顏色及其他明顯特徵，定名下列四土類：(1) Dark red latosols 2.5YR 4/6)；(2) Dark reddish brown latosols (5YR 3/4～4/4)；(3) Brown latosols (7.5YR 5/4～4/4)；(4) Andosols (10YR 4/3～10YR 2/1～3/2)。

四土類中除最後一類爲黑色火山灰土外，餘均屬磚紅化土壤。爪哇之 Latosols 特徵：A. 風化深而強，惟土層間之區別並不明顯。B. 母質每於層深2～6公尺下出現。C. 中至重質地，具高粒團安定度，中等容積重，低 Silt/clay 比率，可滲透性與脆性。D. 粘土部分以 Kaolinite 與游離三氧化物爲顯，SiO_2/R_2O_3 率正常範圍爲1.5～1.8。E. 陽離子置換能量（C. E. C.）10～25 m. e./100克；鹽基飽和度（B. S.）15～50%；pH 4.5～6.0；A 層有機質含量1～5%，大多數不超 2 %；粘粒含量50～90%；坋粒含量5～30%。F. 土體內並無顯著之質地區別發見。G. 土色由紅 (2.5YR 4/6) 至強棕 (7.5YR 5/6)，由於母質、年期與氣候之變異而不同。

8. HARRIS 氏對 Latosol 與 Red-yellow podzolic soils 之研究，HARRIS 氏於1963年建議 Latosols 之定義如下(*16*)：土壤具有超10吋厚之土體，與明顯之層次區分，除石英外，具數種原始礦物，無質地 B 層（Argillic H.）。粘土部分具明顯之三氧化物與高嶺石，粘粒含量超過15%，孔隙性與滲透性均高，潤時極脆性，具強抵抗片狀與溝狀冲蝕性。粘粒部分之 Fe_2O_3 超10%，其 A_1 層厚度超12吋或含有機質超 4 %以上者稱爲 Humic Latosols；反之，厚度低於12吋或有機質含量低於 4 %者稱爲 Nonhumic latosols，紅棕壤即屬於後者。氏並指出具良好發育之塊狀構造之土壤，稱爲 Podzolic latosols。氏對紅黃色灰化土 Red-yellow podzolic soils，認爲係具明顯之質地B層，該層具超15%之粘粒，粘粒部分之成分有相當之變異，除石英外，具數種原始礦物者屬之；復根據其 B_2 層塊狀構造之有無以爲次一區分，有塊狀構造者稱爲 Red-yellow latosolic podzolic soils 云。

9. BENNEMA, J. 氏於1963年發表對熱帶、亞熱帶高地之紅色與黃色土壤，曾作一通盤之研究(*13*)。就中關於紅壤（Latosols）者，彼認爲其基本特徵爲其礦物的土壤本質。該土含有三氧化物，1：1之矽質粘土礦物，石英與其他高度耐風化之礦物，有或僅具少量，游離 Al_2O_3 每常有存在，土體內之坋粒含量通常較低，但某些 Latosols，如 Terra rossa 亦有具坋粒量高者，鐵、錳結核或氧化鋁可存在於土壤物質中。本類土壤之特徵及其性質頗多，下列爲其主要者：(1) 土層間無顯明之區分，僅有漸進之轉變。(2) 在土壤孔隙間無或甚少明顯之矽質 Clay skin。(3) 缺乏或幾無

2：1型之粘土礦物與無高鹽基能量之 Allophane，故其粘土具低陽離子置換能量 (C. E. C.)。(4) 亞表土層或部分亞表土層呈紅、黃或棕色。(5) 在亞表土層內無或幾無負電的 "Natural clay" (即用蒸溜水不用分散劑搖動而抽出之粘土)其 C/Clay<0.015。

氏更分 Latosols 之種類如下：(1) 黃色紅壤 (Yellow latosols) 具低量之氧化物，無 Gibbsite 或幾無之，粘土部分之 Fe_2O_3 含量少於10%。(2) 矽質粘土礦物含量極低，亞表土層之 pH KCl 較 pH H_2O 爲大之 Latosols。(3) Terra roxa legitima 部分的可以屬於低腐殖紅壤 (Low humic latosols)。此種土壤化育於玄武岩與 Diabases，而以低 Al/Fe 與高 Mn/Ti 爲其特質，紅棕壤亦被分類在一起。(4) 相當高海拔之棕色紅壤 (Brown latosols)。(5) 紅黃色紅壤 (Red-yellow latosols) 爲生成於酸性母岩與其少量鐵鎂礦物之沉澱物。(6) 腐殖紅黃色紅壤 (Humic-red-yellow latosols)。(7) 暗紅色紅壤 (Dark red latosols) 具高量之鐵鎂礦物之片麻岩發見之。

氏認爲 Lateritic podzolic soils 係熱帶與亞熱帶高地之最重要之紅色或黃色土壤，指包括土壤之具有一粘土底層，質地較 A 層爲粘重，構造呈化育完善之塊狀或稜狀，而具 Clay skins 者，或亦可包括土壤之具較矽質 B 層，惟在 AB 層間有一顯著之質地差異者。本類土壤根據其 B 層之鹽基飽和度復分爲二亞類：(1) B 層具低鹽基飽和度者；(2) B 層具中高鹽基飽和度者。玆將以上二亞類之土壤述之如下：

前者具有一化育完全之輕質地 A_2 層，與一粘質塊狀 B 層，表土常呈紅色或黃色，底土則較紅，B 層之鹽基飽和度低，A 層則中等，粘土礦物包括三氧化鐵，與大部 1：1 格子之矽質粘土礦物，三氧化鋁常不出現，粘土礦物之鹽基交換能量高，常較其同質地之 Latosols 具有較多量之可交換性鋁。B 層每具有 Natural Clay，指出該土較 Latosols 少具安定之 Aggregation，滲透性亦較 Latosols 爲低，排水狀況常中等。本類土壤之變異頗多，Rubrozems, Reddish brown latosols 屬之。

後者係由較少矽質母質化育而成，正常狀態下，本類土壤缺 A_2 層，B 層具中至高鹽基飽和度之磚紅化灰壤，土體常淺，有稱爲 Terra roxa estruturada，由於具較高之肥力，農業價值高。

(五)紅棕壤生成理論之綜合概要 以上十餘學說有關紅棕壤之生成及其特徵可概括如下：

1. 從成土作用言，紅棕壤之生成，包括兩種成土作用，即磚紅土化作用與灰土化作用，部分學者認爲前者較重，後者較輕微，甚或無之，惟近十年來發現過去所稱之紅棕壤應屬紅黃色灰化土者頗多，是則灰土化作用，亦不容忽視。

2. 從生成土壤特徵言，可分爲物理性及形態，化學性與礦物性論列之：

(1) 物理性及形態：A. 脆性與非脆性。B. 紅棕至暗紅棕色，後用 Munsell 氏標準色以規範之，色譜 (Hue) 可由紅至棕，潤時色値少於 4，色度少於 6 的質地 B 層，乾時色値較潤時不致大一單位以上。C. 具或無質地 B 層，有或無塊狀構造。D. 土層間無顯明之區分，僅有漸進之轉變。E. 具網狀斑紋，深厚之底層或淡黃或灰白色粘土。

(2) 化學性：A. 脆性者具相當之鐵、鋁氧化物，非脆性者具相當之矽質粘土。B. 應用 Sa 或 ki 値 (SiO/Al_2O_3) 以區分磚紅化土及磚紅壤，比率在1.33以下者屬後者，在1.33～2.00 者屬磚紅化土壤。C. 粘粒部分之游離 Fe_2O_3 超10%以上。D. A_1 層厚度超12吋或含有機質超 4 %以上者，稱腐殖紅壤 Humic latosols，低於 4 %者稱非腐殖紅壤 Nonhumic latosols，紅棕壤屬於後者。E. B 層具低或高鹽基飽和度，紅棕壤即屬於前者。

(3) 礦物性：A. 磚紅化土作用生成之粘土，多係 Halloysite 或 Kaolinite 之粘土。B. 該粘土由極大部分之氫氧化鐵鋁生成，網狀斑紋，有如細胞狀構造。C. 磚紅化土之粘土礦物成分以 Kaolinite 爲主要成分，而 Gibbsite 與 Fe_2O_3 亦與焉。Gibbsite 之含量隨雨量而異，亦有謂因氧化鐵之形態而紅黃壤有異，具 Hematite 者爲紅壤，具 Goethite 者爲黃壤。D. 由灰土化作用生成較顯之紅棕壤與紅黃色灰化土，其粘土礦物成分除 Kaolinite 爲主成分外，Vermiculite 與

Gibbsite 占次要成分。其中由火成母質生成之紅色灰化土，C 層無 Gibbsite，惟黃色灰化土 C 層之 Gibbsite 超 Kaolinite 以上；由水成母質生成之剖面，則 B 層下並無 Gibbsite 發見，各剖面中 Kaolinite 最豐，或等於 Vermiculite，至於 Illite 係存在於中間性與黃色灰化土，惟無存於紅色灰化土中。

3. 從成土因子推論：

(1) 就成土之母質言：初期之研究，1938年美農部年報，說明磚紅土化生成之粘土，係由多種不同岩石物質包括火成岩、水成岩、以至變質岩、或其風化之堆積物等生成。惟1960年第七次土壤分類草案，認爲 Rhodochrults 包括紅棕壤之生成，母質應爲鹽基性火成岩，倘母岩鹽基減少，則列入 Typochrults 包括紅黃色灰化土。亦有謂磚紅化土壤之母質，多係上新世至中新世風化物之遺物者。

(2) 就氣候與植物言：熱帶或亞熱帶氣候與植物有顯明之乾濕季節與良好之排水環境下生成，間亦有生成於半乾燥以至半濕潤之熱帶至亞熱帶氣候下生成者，如低腐殖紅壤 Low humic latosols

(3) 地形與時間：地形對本類土壤之生成，過去研究並無詳實之關係記載，時間亦然，僅有稱生成之母質，多係上新至中新世風化之遺物，意者以該地質時代之產物爲多。

二、臺灣紅棕壤之事實

(一)過去調查研究之同顧

1. 調查分類之事實：日據時代本省卽有土壤調查，着重實地之應用，以土壤反應及質地爲主要對象，土壤圖亦從之，對土壤生成系統上土類之劃分，鮮有論列。惟澁谷氏 (Shibuya, K.) 於1932年，曾於土壤科學雜誌 (Soil Science) 第十三卷第六期發表之 "The Laterite soils of Formosa Island" 一文，爲本省紅棕壤研究文獻之開始。以後文獻上常有赭土之稱，意卽指之。澁谷氏之報告(*17*)，曾論及該土之化育成分，其後陳氏(*24*)，張氏(*36*)及梁氏(*32*)，均先後研究紅棕壤之全量成分及其粘土部分之成分。玆摘錄如表 1 。

光復後之土壤調查，最先由省農試所辦理；其後肥料公司、臺灣糖業試驗所、省立農學院均有辦理。有關紅棕壤之分類，最先採用美國農部1938年年報之分類系統；其後沿用1949年 Throp 氏修正之高級分類，部分學者沿用國內之分類，亦僅係美修訂農部分類演變而來。根據搜集之調查報告，主分爲紅棕壤與黃棕壤，尙缺眞正之磚紅土 Laterite，計紅棕壤共有39土系，可分北部、中西部、南部、及東部四方面綜合簡述之。

(1) 北部之紅棕壤：北部包括臺北、桃園、宜蘭、新竹四縣，石門、興化、草山、內湖、林口、平鎭、鏡湖、中壢、關西、新坡、八角店、銅鑼圈及草嶺山十三土系。一般呈色較紅，自紅棕以至深紅；質地偏於粘重，底土尤甚；反應多呈強酸性，pH 自 4.0～5.3 間。母質除部分屬火成之安山岩，與少部玄武岩 (草嶺山系) 外，大部爲堦地之砂岩、頁岩、礫卵石、砂、粘土，以後者之 pH 反應更酸，pH 在4.2～4.8內。

(2) 中西部之紅棕壤：中西部包括苗栗、臺中、彰化、南投、雲林、嘉義六縣，南勢山、西屯、大雅、嘉義、番路、日月潭、大楠、關西八土系。表土呈色較複雜，底土仍以棕紅以至深紅爲多，間有黃紅者，質地則底層多粘重，pH 自4.7～5.9，酸性較北部之紅棕壤略遜，多呈中酸性。

(3) 南部之紅棕壤：南部包括臺南、高雄、屛東及澎湖四縣，赤山廟、龍崎、關廟、龍目、鳳山、石頭營、中林、恒春、四溝、泰武、龜子角、船帆石、澎湖及花嶼十四土系，土色多偏於棕，自微黃紅至暗棕色爲多，質地亦未如北部諸土系底土之粘重，反應範圍較廣，表底土均自強酸性以至接近中性均有，仍以中酸性占最多數。

(4) 東部之紅棕壤：東部包括臺東、花蓮兩縣，鹿野、舞鶴、南王田及鯉魚四土系，其主要特徵介乎中西部與南部紅棕壤之間。

表1：本省紅棕壤之全量分析及粘土部份之分析記錄表(%)

Table 1: The chemical composition of the whole soils and the clay fraction of some reddish brown latosols in Taiwan

研究者 Author	土系 Soil series			SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	Mn_3O_4	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	SO_3	燃燒損失 Loss on ignition	N
澁谷 Shibuya	未註明土系及採集地 Not mentioned	原土壤 Whole soils		73.50	12.79	4.94	1.25	0.05	0.21	0.38	0.11	0.11	0.24	0.17	6.31	0.12
		膠體部份 Clay fraction		35.79	31.19	13.77	0.70	0.10	0.25	0.99	0.16	0.17	0.41	0.31	15.54	0.18
陳 Chen	平鎮系 Pinchen series	膠體部份 Clay fraction		45.44	38.32	13.77	0.40	0.16	0.91	0.99	0.68	0.41	0.36	0.18	—	—
梁 Leung	澎湖系 Penghu series	原土壤 Whole soils	A.	42.09	20.30	16.33	—	0.52	7.49	3.32	0.33	0.88	0.18	0.14	14.41	0.16
			B.	40.86	27.47	16.61	—	0.29	4.07	4.35	0.36	0.57	0.10	0.12	9.87	0.09
		膠體部份 Clay fraction	A.	39.06	22.10	21.28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			B.	40.16	24.64	22.80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
梁 Leung	花嶼系 Hwayu series	原土壤 Whole soils	A.	55.85	26.04	6.60	—	0.08	3.06	1.36	0.51	0.24	0.13	0.09	8.42	0.06
			B.	51.39	27.76	11.11	—	0.24	4.18	1.49	0.60	0.28	0.13	0.16	9.16	0.05
			C.	53.86	21.13	9.63	—	0.01	7.15	1.04	0.75	0.27	0.11	0.15	8.46	0.04
		膠體部份 Clay fraction	A.	38.30	31.05	13.08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			B.	43.59	49.36	15.67	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			C.	34.16	31.10	15.08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
張 Chang	關西系 Kuansi series	原土壤 Whole soils	A.	74.21	12.37	4.26	0.81	0.23	1.03	0.30	0.46	0.45	0.16	0.61	6.65	0.15
			B.	75.03	10.24	4.96	0.91	0.21	0.63	0.23	0.87	1.24	0.14	0.73	6.66	0.12
			C.	70.51	10.55	5.98	0.74	0.23	0.94	0.21	0.15	0.74	0.16	0.84	7.72	0.19
		膠體部份 Clay fraction	A.	40.70	40.46	14.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			B.	40.78	38.43	14.47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			C.	41.25	39.39	21.47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

2. 有關本省紅棕壤生成之論述：

(1) 茹華兩氏於1947年對臺中縣紅棕壤生成之論述(*31*)：謂紅壤之主要特徵，爲土色殷紅、粘實、有機質缺乏、鐵鋁等三氧化物豐富。所謂磚紅壤化作用，乃指在高溫多雨地帶，有機質之分解迅速，分解之速度，超過堆積之速度，且因高溫化學分解作用快，多雨每將分解之產物滲洗而去，土壤中最易流失者，厥爲鹼金屬及鹼土金屬類物質，故使滲洗之溶液成鹼性。土壤中主要礦物質矽、鐵、鋁等，以矽酸易溶於鹼性溶液，故易流失，而使殘留於土壤中之鐵鋁比例數增加。成熟之紅壤，在高溫多雨且有一顯著之乾旱季節發育最佳。

(2) 梁氏等1951年對臺南、嘉義縣紅棕壤之論述(*33*)：謂紅棕色磚紅化土之成土因子爲高溫多雨，年中乾濕季節明顯，土壤有機質分解容易，淋洗作用盛行，有機質及鹽基性物質多被洗失，矽酸亦被流失大部，遺留高價鐵，鋁氧化物於土壤中，一般層次不顯明，呈紅以至紅棕色，爲其主要特徵。

(3) 周氏(*50*)對本省桃園縣之紅壤生成敍述，謂縣境所見廣泛分布之紅壤，似非現世氣候下之產物，而係第四紀更新世所生成殘存者，蓋當此等臺地礫石層生成之洪積期中，氣候較今爲熱，紅壤化作用盛行，因而生成厚層之赭土。又謂今日臺灣所見之紅壤剖面，多數發育於更新統臺地礫石層上，其發育於他種母質者，紅壤化程度多較淺，或屬灰化紅黃壤類。

(4) 陳氏1959(*48*)綜述有關 Latosol 化育中之特徵如後：A. 土壤中矽酸，鹼及鹼土類因滲濾而減少，土壤呈強酸性。B. 土壤中氧化鐵與鋁加水物之含量比率增加，同時 Al_2O_3 與 SiO_2 結合生成 Kaolinite 類粘土礦物。C. 化育中 Fe^{+++} 與有機質之作用顯著，在高溫濕潤氣候下，有機質分解迅速，生成最後產物 CO_2 及 H_2O，故在土壤中產生還原狀態機會少。在此情形下，接近地表部分之鐵不易還原，而受高溫氧化及脫水作用後生成安定之三價氧化鐵加水物而殘留，因此呈現 Latosol 特有之棕紅色，風化較深者，則生成鐵結核。D. 母岩中多含石英時，則剖面中生成漂白洗出層；但母岩爲鹽基性岩，則生成紅色洗出層。E. 土層深厚，各層之質地略同，但風化較深者在洗入層中，聚積粘土，各層呈現不同之顏色。F. 質地多屬粘重，經耕種後，質地傾向輕鬆。

3. 其他紅棕壤之專題研究：有關紅棕壤之專題研究，國立臺灣大學有相當系統之研究。自1954年起迄1960年止，進行之論文計有八篇。茲摘錄其結論以見一斑：

(1) 孫氏 1954 年之研究 (*37*)，謂平鎮紅棕壤之有機物性狀與他類土壤不同，旱田與水田之 C/N 均較高，有機物之活力指數或碘之消耗量高，亦卽表明其有機物多爲木質及其衍生物。

(2) 洪氏(*25*)1954年之研究，示紅棕壤中併用石灰等鹽基與三要素肥料後，作物收量始增加，惟其有效水分與底層之粗大孔隙均較小。

(3) 歐氏1955年之研究(*38*)，謂紅棕壤之氮磷效應顯著，(達1％標準)，且氮、磷之交感作用殊易表現。

(4) 孫氏1957(*40*)研究紅棕壤中磷酸之分離，結果謂紅棕壤中，磷酸大部以有機鹼可溶態及無機鹼可溶態，以及不活動狀態存在，惟後者可以供作物利用。

(5) 蔡氏1957研究紅棕壤之改良(*39*)，謂紅棕壤中缺鎂，加鎂後始能使小麥生長正常。

(6) 秦氏1957～1958年研究紅棕壤磷之效應(*41*)(*42*)(*43*)，結論謂紅棕壤對磷之效應特別顯著，磷酸固定力亦較大；且本土壤在旱田狀態較水田者，其磷酸效應顯著。

(7) 陳氏 (*48*) 1959 年研究臺灣紅棕壤之若干理化學性質與改良土壤物料對其物理性之影響，謂 A. 紅棕壤平鎮粘壤土之主要粘土礦物爲 Metahalloysite，土粒多結合形成堅實的小塊，孔隙多，容積比重小，結構呈脆軟，塑性係數小，容積變化率大，反應爲強酸性，pH 4.8～4.2，鹽基置換能量甚低，在 8～6 m.e./100 g 間，游離氧化鐵量較高，在3～5％左右，在心土中更多，粘土之 SiO_2/Al_2O_3，約在1.5～1.8間，有機物，氮、磷、鉀量均低，磷固定能量大，錏化與硝化作用均弱，有效養分含量低。B. 紅棕壤之孔隙均以 >8.5 μ 與 >0.91 μ 爲孔隙口徑者爲多，水分滲透極易，致在短期內損失有效水分，而使水分含量達於凋萎點。C. 紅棕壤加入 VAMA, $Ca(OH)_2$，堆

肥、綠肥等物料後，物理性之轉變亦經測定，而予以研討。

(8) 朱張二氏1960年(*44*)曾對全省主要土類進行其磷之化合態的研究，其中紅棕壤方面，曾採七不同地點表底土之各種磷化合態之分析，其平均數如下表。

表 2：臺灣紅棕壤各化合態磷之平均含量

Table 2: Average amounts of soil phosphorous fractions of the reddish brown latosols of Taiwan

地區 Soil location	層次 Layer	pH	Phosphorus in form of p. p. m.						結核磷占全磷% Occluded P to total P	有機磷占全磷% Organic P to total P
			磷酸鈣 Ca-phos.	磷酸鋁 Al-phos.	磷酸鐵 Fe-phos.	結核磷 Occluded phos.	有機磷 Organic phos.	全磷 Total phos.		
七土區平均 Average of 7 soils area	表土 Surface soil	5.0-5.5	24	38	82	114	91	349	33.3	21.0
	底土 Subsoil	5.5-6.5	18	12	43	131	19	223	57.7	8.4

由表 2 知紅棕壤中結核磷之含量特高，在表土中約占全磷之三分一，在底土中約占全磷之半；其次爲磷酸鐵、磷酸鋁及磷酸鈣之含量皆低，表土中之磷酸鐵、磷酸鋁及磷酸鈣皆高於底土，與結核磷之分佈情形適相反；紅棕壤之無機態磷，以磷酸鐵之模式爲主，此恐與紅棕壤之氧化鐵含量及鐵離子活性有關。

(二)近年研究之進步：此處所指之近年研究，指在1961年以後，即最近五年內之研究而言。

1. 陳氏之專題研究：陳氏於1961～1964四年內連續發表有關本省紅棕壤之性質及紅棕壤利用爲水旱田後，對其性質之影響系統研究專題凡六篇，對紅棕壤之特性至多發揚。

(1) 紅棕壤水田的理化性質研究(*51*)：陳氏就紅棕壤之水田，分上、中、下三等，比較其物理性，如質地剖面、容積比重、三相分佈、大小孔隙之分佈，化學性，如 pH、置換能量、有機質含量、全氮量、有效氮、C/N 比率、磷、鉀、以至鋅、銅、鋁等微量元素之含量，均有詳細之比較報告。

(2) 紅棕壤主要營養素受水稻連續栽培影響(*49*)：示紅棕壤之貯藏三要素較低，加之其可利用態者之消耗迅速。此即爲氮、磷、鉀三要素肥料的肥效，在該土壤均爲顯著之理由。

(3) 紅棕壤之灌溉施肥及犂起深度試驗：陳氏等 (*52*) 敘述紅棕壤中甘蔗三作之灌溉、施肥、犂起深度試驗，討論甘蔗收量、土壤水分、灌溉水量、土壤分析、及植物體分析數項。後二者之結果，土壤分析得灌溉三作後，土壤之 pH、有效磷、置換性鉀均減少，惟土壤有機物與含氮量不變化，同時減少容積比重，及增加粗大孔隙，以改進土壤物理性；植物體分析，得灌溉顯著，增加單位乾物重及單位面積蔗莖中之氮、磷、鉀含量。

(4) 紅棕壤水田之滲透度(*53*)：本研究之結論有四：A. 紅棕壤水田表心土間之滲透度差異頗大，表土之平均數自 $0.51-0.95\times10^{-3}$ cm/hour，底土之平均數自 $31-214\times10^{-3}$ cm×hour。B. 一般紅棕壤心土之粘土含量常多於表土，有機物含量以心土較少，容積密度較大，但心土之滲透度却反而大於表土。C. 滲透度與粘土含量間關係爲不顯明，表土滲透度以有機質含量多者爲大，惟此現象不適用於心土。D. 紅棕壤之表土滲透度低者，其有效性養料，如 N, P 含量與 pH 均較豐。

(5) 紅棕壤旱水田之酸性與置換及溶解態鋁、鐵之動態 (*54*)：所得紅棕壤之 pH 與交換性鋁量之相關係數爲 $r=-0.84$，用不同濃度 $CaCl_2$ 溶液處理紅壤後，測定其 pH 值與交換性鋁，得如下之關係：$pH-\frac{1}{3}pAl=2.68\sim2.59$。此與 Gibbsite 之溶解積2.75甚爲接近。施用石灰於紅壤，可減低其活性鋁量與酸度。此外並研究紅壤受長期滲濾中之 pH 與溶解態，置換態鋁，低價鐵之動態等。

(6) 鈣、鈉化合物對紅壤滲透性之影響(*55*)：$Ca(OH)_2$ 加用量爲 3.3 m.e./100 g，使土壤 pH 達6.6左右時，滲透度顯著增加；但用量增至 6.6 m.e，pH 爲7.8時，滲透度反而減少。鈉化合之影響，則依陰離子之種類而異，即加用 NaCl 3.3 m.e.，而 pH 值爲 6.0 左右時，滲透度顯著增加；但用量達 6.6 m.e.，pH 爲6.2時，顯著減少。反之，添加少量 1.65 m.e. NaOH，使土壤 pH達6.6時，其滲透度已顯然減低；若用量增至 3.30～6.60 m.e，(pH 7.0～8.5) 時，其減低程度尤爲顯著。三種鈣、鈉化合物對於團粒安定度之指數、大小孔隙之分佈、及容積密度等影響亦不同。

2. 林氏紅棕壤之含鐵量研究 (*56*)：林韜珠氏1962年研究臺灣土壤含鐵量，謂本省紅棕壤游離鐵含量約爲1.5～4％，平均2.07％，有效性鐵含量約爲 25 P.P.M.，平均爲 22 P.P.M.，土壤中所含游離氧化鐵量與有效鐵量之間，並無正相關關係。如以每克 Fe_2O_3 中有效性 Fe 之 mg 數表示土壤中游離氧化鐵之活動程度，紅壤平均爲1.7。

3. 盛氏等研究桃園紅壤磷、鉀含量與水稻營養及肥料效應之關係(*57*)：着重求土壤磷鉀含量與磷、鉀肥效之相關關係，其中測定桃園紅棕壤10地點，二期之平均值如下：

	有效性磷 (P.P.M.)		有效性鉀 (P.P.M.)
	Bray No. 1	Bray No. 2	
52年2期	25.7	40.6	73.5
53年1期	15.0	28.3	68.4

4. 筆者之專題研究：筆者曾就本省紅棕壤選出東、西、南、北四不同地區，七種不同母質，二種不同地形之代表剖面15個，共40土樣，於近數年內進行其物理性、化學性、及粘土礦物之研究，以爲土壤生成之參考，其個別之結論如下：

(1) 紅棕壤物理性質與其生成(*58*)：A. 15個本省紅棕壤代表剖面之機械組成，均有微細土粒積聚於下層之現象，眞比重爲 2.65g/c.c.，自然比重表土平均爲 1.42g/c.c.，底土爲 1.54g/c.c.，可透性平均表土爲 193.3μ/sec，底土 162μ/sec，分散比率大部均在50左右。B. 北部之紅棕壤，不論母質如何，均呈現明顯之紅色或紅棕色，豐富之粘粒含量，與呈強酸性。故同一地區相同或不同之母質，均可生成同類之紅棕壤。C. 同一母質在不同地區，其紅棕壤性質互異，就北部與中西部各三剖面比較至爲顯然。D. 同屬南部地區，不同年代，不同母質，不同地形下生成之紅棕壤，其性態差異至顯。年代較老者，呈色較淡，沉積較深，土壤較爲成熟。E. 同年代，同地形，不同母質，不同地區之紅棕壤，亦有類似之特性，說明本省南部地區與中西部地區之紅棕壤特徵至爲接近。F. 東西地區之紅棕壤，雖母質有異，但其顯著之呈色特徵及粘粒含量均差異不顯；反之南北地區或中西部與北部地區之紅棕壤，則有顯著之差異。G. 東部紅棕壤之物理性特徵，與母質及年代影響較微。H. 本省紅棕壤之生成，係前世紀氣候風化之遺物；惟近代之氣候，對其形態亦有若干影響。如本省南北年中雨量分佈之差異，對土壤之淋洗有別，因而北部紅棕壤之粘粒含量較豐，酸性較強，南部者較低，酸性較弱。

(2) 紅棕壤化學性質與其生成 (*59*)：15個代表剖面之主要化學性質及其生成之關係如下：A. 就粘土部分之 ki 值與鐵鋁比率而言，本省紅棕壤南北地區有顯然之差異數值，即北部者較低，南部者較高；東部與西部或中西部與南部地區之差異較微。B. 北部同地區之紅棕壤，母質屬火成岩者，ki 值更低，屬水成岩者較高。C. 北部諸紅棕壤，其地形及母質對 ki 值，矽鐵鋁率影響較重，南部者則較輕微。同年代，同地形，在中西部以南地區，雖不同母質，位不同地區，亦可生成類似特徵與 ki 值及矽、鐵、鋁率數值接近之紅棕壤。D. 有機質與全氮含量，表層較豐，底層較低，愈向下愈低。E. C/N 比率，則各剖面之表層多在10左右，底層較低，大率在 7.0左右。F. 陽離子置換能量，14剖面之數值均在 7～21 m.e./100 g，除中西部之剖面能量略低外，餘北部南部及東部間之數值至接近，不同母質，不同地形之影響，均甚微弱。G. 鹽基不飽和與 pH 間，雖無比例之關係，但趨向尙一致。即北部諸土系酸度較强，不飽和亦較深，南部東部諸土系酸度較弱，不飽和亦隨之。

(3) 紅棕壤之粘土礦物及其生成 (*26*)：A. 15 個紅棕壤代表剖面之粘土部分主要礦物成分爲 Muscovite, Vermiculite 及 Kaolinite，僅有四剖面有 Gibbsite 之存在，其中兩剖面由火成岩生成，其餘二剖面則由砂岩頁岩之老冲積層生成，但均分佈於本省之北部。B. 母質由砂岩頁岩片岩，或其他老冲積物者，由於富含石英，其 SiO_2 至易與 Al_2O_3 結合，在雨量分佈不均之南部，因難有 Gibbsite 之生成。C. Muscovite 及 Vermiculite 之存在，說明本類土壤之風化程度非深，故僅憑近代之臺灣氣候紀錄，或未能充分解釋本類土壤之生成。D. 本省紅棕壤之粘土礦物特性，不僅含有相當量之 Kaolinite 與少量之 Gibbsite，抑在某種環境下，可以同時含有其他數種主要礦物，如 Muscovite 與 Vermiculite 而不含 Gibbsite。

(4) 紅棕壤——花嶼粘土之化育的研究(*61*)：花嶼粘土全土壤五層，粘土部分之主要礦物成分爲 Fe_2O_3 9~11.4%，Kaolinite 爲60%，Muscovite 19~25%，其第一、二層並含有約 3 %左右之 Gibbsite，爲屬於化育相當良好之紅棕壤。

(三)綜合說明 檢討前人對紅棕壤生成之理論，本省過去調查研究紅棕壤之事實，加以近年個人選採代表剖面各項特性研究，茲綜合說明於下：

1. 土壤特徵方面：前章綜合過去世界各學者對紅棕壤生成之鑑別理論，從土壤之特徵言，物理性以標準土色、質地 B 層、潤時之粘結度，即脆性等；化學性以粘土部分之 ki 值、SiO_2/R_2O_3、鹽基飽和度、有機質等；粘土礦物以 Kaolinite 及 Gibbsite 等爲鑑別之主要根據。成土因子，則氣候之高溫多雨與當地之原生植物外，對母質影響亦重，茲根據此數特徵，綜合本省過去之調查事實，與個人近年來之精選剖面研究，列成各項紀錄表，並作綜合說明於下：

(1) 北部諸土系之物理特徵如表 3。各剖面之物理特徵，色譜 (Color hue) 有向下層愈紅之現象，自 10YR 以至 10R 均有，以 5YR 爲最多；色值 (Color value) 潤時多屬 4，間有 3 者；色度 (Color chroma) 自3~8，多屬 4，乾時色值較潤時大，多高二單位；粘粒成分，均向下層增加，頗爲一致。

表 3：臺灣北部紅棕壤代表土系之主要物理性質

Table 3: Major physical properties of the soil series of reddish brown latosols in northern part of Taiwan

土系或土型 Soil series or types	深度 Depth (cm.)	土色 Soil color: 乾 Dry 色譜 Hue	乾 Dry 色值/色度 value/chroma	潤 Moist 色譜 Hue	潤 Moist 色值/色度 value/chroma	粘粒 2μ clay (%)	研究者與文獻 Studyer and literature
平鎮輕粘土 Ping Chen L. C.	0-12	5YR	4/4	—	—	33.6	Leung, Chen (*60*)
	12-23	5YR	4/6	—	—	52.7	
	23-110	5YR	4/6	—	—	51.6	
關西輕粘土 Kuansi L. C.	0-15	5YR	6/4	5YR	4/3	23.8	Leung, Chen (*60*)
	15-23	5YR	5/6	5YR	4/4	41.8	
	23-55	5YR	5/6	5YR	4/6	40.1	
新坡輕粘土 Singpo L. C.	0-20	7.5YR	5/4	5YR	4/3	26.1	Leung, Chen (*60*)
	20-47	5YR	5/4	2.5YR	3/6	26.7	
	47-	10YR	4/8	10YR	3/6	32.7	
八角店輕粘土 Pachiotien L. C.	0-17	10YR	6/4	10YR	4/3	28.5	Leung, Chen (*60*)
	17-30	10YR	6/4	10YR	4/4	34.5	
	30-45	10YR	5/6	7.5YR	4/4	43.0	
	45-55	7.5YR	5/8	5YR	4/6	37.9	
	55-100	2.5YR	4/8	2.5YR	3/4	—	
中壢輕粘土 Chungli L. C.	0-15	10YR	6/3	10YR	4/3	35.4	Leung, Chen (*60*)
	15-22	10YR	6/3	10YR	4/3	35.9	
	22-34	10YR	6/6	7.5YR	4/4	40.9	
	34-70	7.5RY	6/6	5YR	4/8	36.2	
	70-100	5YR	6/6	5YR	5/8	39.3	

土系或土型 Soil series or types	深度 Depth (cm.)	土色 Soil color: 乾 Dry 色譜 Hue	乾 Dry 色値/色度 value/chroma	潤 Moist 色譜 Hue	潤 Moist 色値/色度 value/chroma	粘粒 <2μ clay (%)	研究者與文獻 Studyer and literature
鏡湖砂質粘壤土 King-Hu S. C. L.	0-10	7.5YR	6/6	7.5YR	4/4	23.6	Tseng, Wang, Leung (*46*)
	10-68	5YR	6/8	2.5YR	4/8	2.3	
	68-100	5YR	6/8	2.5YR	4/8	24.6	
林口粘壤土 Lin-cho C. L.	0-30	5YR	6/6	2.5YR	3/4	33.0	Leung (*58*)
	30-60	5YR	5/6	2.5YR	3/6	36.0	
	60-300	5YR	6/6	5YR	4/4	36.0	
鶯歌粘壤土 Yin-kao C. L.	0-15	10YR	6/4	10YR	4/4	30.0	Leung (*58*)
	15-40	5YR	5/6	5YR	4/6	28.4	
	40-150	5YR	6/8	2.5YR	4/6	40.0	
中壢粘壤土 Chungli C. L.	0-20	5YR	6/8	5YR	4/8	27.0	Leung (*58*)
	20-300	5YR	6/8	5YR	4/8	40.0	
興化坋粘土 Hing-hwa Si. C.	0-25	7.5YR	6/4	5YR	4/4	43.2	Leung (*58*)
	25-300	5YR	5/6	2.5YR	3/4	57.2	
石門粘壤土 Shike-man C. L.	0-30	7.5YR	5/6	5YR	4/4	43.2	Leung (*58*)
	30-90	5YR	5/6	2.5YR	3/4	47.2	

化學特徵如表 4 。pH 自 4.4～6.0，一般表土較酸，除八角店系具高鹽基飽和度外，餘均屬低飽和度，ki 值亦以八角店系略高，為2.04～2.82，餘各系均在 2 以下；SiO_2/R_2O_3，大多數在 1.5左右，有機質含量均在 4 %以下。

表 4：臺灣北部紅棕壤代表土系之主要化學性質

Table 4: Major chemical properties of the soil series of reddish brown latosols in northern part of Taiwan

土系或土型 Series or types	深度 Depth (cm.)	pH	鹽基飽和度 Base saturation (%)	SiO_2/Al_2O_3	SiO_2/R_2O_3	有機質 Organic matter (%)	研究者與文獻 Studyer and literature
平鎮輕粘土 Ping-chen L. C.	0-12	4.4	26.2	1.84	1.47	2.10	Leung, Chen (*60*)
	12-23	4.9	27.1	2.81	1.59	1.20	
	23-110	4.8	28.6	1.49	1.12	0.63	
關西輕粘土 Kuansi L. C.	0-15	4.7	—	1.87	1.36	—	Leung, Chen (*60*)
	15-23	4.6	—	1.69	1.23	—	
	23-55	4.8	—	2.33	1.57	—	
八角店輕粘土 Pachiotien L. C.	0-17	5.1	44.5	2.87	2.15	1.60	Leung, Chen (*60*)
	17-30	5.7	72.4	2.04	1.59	1.20	
	30-45	6.0	63.3	2.07	1.60	0.87	
	45-55	6.0	62.3	2.28	1.69	0.75	
	55-100	6.2	63.3	—	—	0.28	
鏡湖砂質粘壤土 King-hu S. C. L.	0-10	4.6	41.7	2.22	1.63	1.35	Tseng, Wang, Leung (*46*)
	10-68	4.8	35.5	1.78	1.36	0.32	
	68-100	4.7	26.1	2.15	1.56	0.13	
林口粘質壤土 Lin-cho C. L.	0-30	5.0	29.3	1.59	1.25	1.96	Leung (*59*)
	30-60	5.0	36.7	1.91	1.46	1.69	
	60-300	5.0	38.7	1.82	1.41	1.01	
鶯歌粘質壤土 Yin-kao C. L.	0-15	4.8	22.0	1.80	1.31	2.80	Leung (*59*)
	15-40	5.0	14.0	2.05	1.46	1.26	
	40-150	5.0	20.3	2.11	1.52	0.76	
中壢粘質壤土 Chungli C. L.	0-20	4.8	27.7	2.08	1.53	0.86	Leung (*59*)
	20-300	5.8	45.7	1.97	1.45	0.57	
興化坋粘土 Hing-hwa Si. C.	0-25	4.8	35.3	1.73	1.28	3.85	Leung (*59*)
	25-300	4.6	12.8	1.66	1.25	1.64	
石門粘壤土 Shike-man C. L.	0-30	4.4	21.1	1.77	1.31	2.84	Leung (*59*)
	30-90	4.4	20.1	1.70	1.28	0.85	

粘土礦物成分如表5。北部五剖面 Kaolinite 23~35%，Gibbsite 爲 2~7%，Muscovite 20~34%，Vermiculite 16~31%，Free Fe_2O_3 11~14.8%。與本省其他地區不同之點，爲 Gibbsite 之存在。

表5：臺灣省紅棕壤十六代表剖面粘粒部分(<2μ)礦物成分

Taiwan 5: Mineralogical composition of <2μ clay fraction of sixteen Taiwan reddish brown latosols (26)

Part of Taiwan	土系或土型 Soil series or types	深度 Sampling depth (cm.)	Kaolinite	Gibbsite	Muscovite	Vermiculite	Free Fe_2O_3
北部 Northern part	林口粘壤土 Lin-cho C. L.	0-30	29.93	2.30	29.8	27.5	12.33
		30-60	32.78	2.16	26.3	27.8	11.02
		60-300	29.17	2.22	27.8	30.4	11.34
	鶯歌粘壤土 Yin-kao C. L.	0-15	23.23	—	32.3	26.7	11.96
		15-40	22.42	—	31.6	30.9	12.15
		40-100	23.00	—	30.5	31.6	11.98
	中壢粘壤土 Chungli C. L.	0-20	23.20	1.90	31.0	26.4	13.45
		20-300	23.21	2.01	34.3	23.1	14.80
	興化坋粘土 Hing-hwa Si. C.	0-25	32.58	5.30	26.6	23.7	13.80
		25-300	33.95	6.56	26.3	16.9	14.30
	石門粘壤土 Shike-man C. L.	0-30	27.60	5.88	30,3	17.9	13.42
		30-90	35.88	7.22	20.8	21.2	13.83
中西部 Central western part	南勢山粘壤土 Nam-shik-shan C. L.	0-40	24.24	—	32.7	22.8	12.23
		40-120	33.50	—	27.5	20.5	13.05
		120-250	29.70	—	29.6	22.7	11.95
		250-300	35.30	—	29.9	21.6	12.04
	西屯砂壤土 Si-ton S. L.	0-20	23.85	—	38.5	16.6	10.57
		20-200	32.08	—	37.6	13.2	11.34
	嘉義壤土 Char-I L.	0-25	22.17	—	32.3	32.2	11.82
		25-300	17.92	—	33.2	33.5	12.04
		>300	20.78	—	31.7	31.8	11.20
南部 Southern part	四溝砂質壤土 Sze-kou S. L.	0-30	30.20	—	29.2	31.7	12.82
		34-80	33.97	—	26.5	32.8	13.30
		80-200	32.90	—	25.8	31.9	12.15
		200-250	33.00	—	29.2	13.1	10.97
	永森坋粘土 Yung-sam Si. C.	0-15	25.20	—	40.6	—	8.32
		15-50	25.35	—	38.9	—	8.52
		50-100	35.90	—	38.3	—	10.25
東部 Eastern part	舞鶴坋壤土 Wuu-heh Si. L.	0-15	15.65	—	27.8	38.9	9.10
		15-35	22.22	—	32.4	30.9	9.46
		35-70	25.90	—	36.4	21.1	9.86
	南王田坋壤土 Nam-weng-tin Si. L.	0-25	18.28	—	34.6	29.6	12.57
		25-45	24.50	—	37.9	24.0	11.52
		45-100	28.60	—	32.8	26.0	13.38
	東里坋壤土 Tung-li Si. L.	0-10	29.60	—	25.9	35.9	6.84
		10-80	29.70	—	25.3	38.8	10.18
	鹿野坋壤土 Loc-shes Si. L.	0-15	21.10	—	37.5	22.6	11 45
		15-45	23.20	—	37.3	26.3	12.92
		45-70	22.24	—	37.4	23.7	11.50
	三民壤土 Sam-min L.	0-15	22.60	—	32.7	36.9	13.56
		15-45	27.90	—	31.6	32.9	14.80
	(61) 花嶼粘土 Hwayu C.	0-10	60.00	2.80	21.1	—	11.40
		10-30	59.80	3.80	19.6	—	10.70
		30-50	59.90	Trace	20.8	—	10.40
		50-75	59.60	—	23.6	—	10.00
		75-120	60.00	—	24.9	—	9.30

同，大率乾時較潤時色度加2單位，粘粒均有向下移動之事實。化學性如表9，pH自4.7～6.8，飽和度六剖面中有四剖面超60%以上，ki值多在2.0以上，SiO_2/R_2O_3 平均爲1.7左右，有機質含量少，僅一樣本爲3.6%。粘土礦物成分見表5，而與中西部大致接近。

表8：臺灣紅棕壤南部代表土系之主要物理性質

Table 8: Major physical properties of the soil series of reddish brown latosols in southern part of Taiwan

土系或土型 Soil series or types	深度 Depth (cm.)	土色 Soil color				粘粒 2μ clay (%)	研究者與文獻 Studyer and literature
		乾 Dry		潤 Moist			
		色譜 Hue	色值/色度 value/chroma	色譜 Hue	色值/色度 value/chroma		
龍目砂壤土 Lung-muh S. L.	0-19	7.5YR	7/5	5YR	4/8	11.1	Leung, Chen (*34*)
	19-33	5YR	6/8	5YR	4/6	21.8	
	33-52	5YR	6/8	5YR	5/8	7.0	
	52-100	7.5YR	6/8	5YR	5/8	40.1	
鹿野砂壤土 Lu-yeh S. L.	0-15	7.5YR	6/6	5YR	4/4	8.0	Leung, Chen (*34*)
	15-50	5YR	5/8	5YR	4/6	21.5	
	50-140	5YR	5/8	2.5YR	3/6	16.2	
恒春壤土 Herng-chun L.	0-25	10YR	6/3	10YR	4/3	15.4	Leung. Chen (*34*)
	25-55	10YR	5/3	10YR	4/3	19.8	
	>55	7.5YR	4/4	—	—	7.3	
中林粘壤土 Chung-lin C. L.	0-20	10YR	6/4	10YR	1/4	19.4	Leung, Lin, Lai (*35*)
	20-65	10YR	6/6	7.5YR	5/6	19.5	
	65-100	7.5YR	6/6	7.5YR	5/8	22.2	
四溝砂壤土 Sze-kou S. L.	0-23	7.5YR	6/6	5YR	4/4	7.6	Leung, Lin, Lai (*35*)
	23-43	5YR	6/6	5YR	4/6	11.1	
	43-100	5YR	5/6	5YR	4/8	16.9	
船帆石礫質輕粘土 Chuang-fan-shih G. L. C.	0-25	10YR	6/3	10YR	4/2	29.3	Leung, Lin, Lai (*35*)
	25-55	10YR	6/3	10YR	4/2	36.6	
	55-80	10YR	5/3	10YR	4/3	33.1	
	80-150	7.5YR	4/4	—	—	—	
龜子角砂壤土 Koe-tze-chiao S. L.	0-20	10YR	5/3	10YR	4/3	9.9	Leung. Lin, Lai (*35*)
	20-50	10YR	6/4	10YR	5/6	11.5	
	50-90	10YR	6/3	10YR	3/3	21.0	
四溝砂壤土 Sze-kou S. L.	0-30	5YR	5/6	5YR	3/4	18.4	Leung (*58*)
	30-80	5YR	5/8	2.5YR	3/6	30.4	
	80-200	5YR	5/8	2.5YR	3/6	30.4	
	200-250	10XR	8/6	10YR	5/6	21.6	
永森坋粘土 Yung-sam Si. C.	0-15	10YR	7/4	7.5YR	4/4	42.4	Leung (*58*)
	15-50	7.5YR	8/6	7.5YR	5/8	48.4	
	50-100	7.5YR	7/6	5YR	5/8	60.4	

表9：臺灣南部紅棕壤代表土系之主要化學性質

Table 9: Major chemical properties of the soil series of reddish brown latosols in southern part of Taiwan

土系或土型 Soil series or types	深度 Depth (cm.)	pH	鹽基飽和度 Base saturation (%)	SiO_2/Al_2O_3	SiO_2/R_2O_3	有機質 Organic matter(%)	研究者與文獻 Studyer and literature
恒春壤土 Henry-chun L.	0-25	4.7	42.9	2.20	1.70	0.85	Leung, Chen (*34*)
	25-55	4.7	42.1	3.60	2.40	—	
	>55	4.8	37.7	2.60	2.10	—	
四溝砂壤土 Sze-kou S. L.	0-23	6.7	79.6	2.30	1.80	1.09	Leung, Lin, Lai (*35*)
	23-43	5.8	62.5	2.20	1.20	0.52	
	43-100	5.7	77.5	1.80	1.40	0.48	
船帆石礫質輕粘土 Chuang-fan-Shih G. L. C.	0-25	5.8	71.4	2.90	2.10	1.66	Leung, Lin, Lai (*35*)
	25-55	5.6	81.6	2.70	1.70	1.16	
	55-80	5.6	71.1	2.60	1.90	0.92	
	80-150	5.7	69.9	—	—	—	

續 表 9

土系或土型 Soil series or types	深 度 Depth (cm.)	pH	鹽基飽和度 Base saturation (%)	SiO_2/Al_2O_3	SiO_2/R_2O_3	有機質 Organic matter(%)	研究者與文獻 Studyer and literature
龜子角砂壤土 Koe-tze-chiao S. L.	0-20	5.7	79.0	2.20	1.70	1.30	Leung, Lin, Lai (*35*)
	20-50	5.8	60.6	2.40	1.80	0.91	
	50-90	5.3	67.6	2.10	1.60	0.40	
	>90	5.2	58.8	—	—	—	
四溝砂壤土 Sze-kou S. L.	0-30	6.8	59.0	2.04	1.40	1.58	Leung (*59*)
	30-80	5.6	43.5	2.05	1.47	1.23	
	80-200	6.8	69.6	2.05	1.51	0.92	
	200-250	6.4	65.1	2.24	1.63	—	
永森坋粘土 Yung-sam Si. C.	0-15	5.0	19.7	1.99	1.57	3.59	Leung (*59*)
	15-50	4.8	20.6	2.08	1.59	1.25	
	50-100	5.2	18.9	2.12	1.61	—	

表10：臺灣東部紅棕壤代表土系主要物理性質

Table 10: Major physical properties of the soil series of reddish brown latosols in eastern part of Taiwan (*58*)

土系或土型 Soil series or types	深 度 Depth (cm.)	土色 Soil color				粘粒 <2μ clay
		潤 Moist		乾 Dry		
		色譜 Hue	色值/色度 value/chroma	色譜 Hue	色值/色度 value/chroma	
三民壤土 Sam-man L.	0-15	7.5YR	3/2	7.5YR	5/4	25.7
	15-45	2.5YR	3/6	5YR	5/6	41.7
舞鶴坋壤土 Wuu-heh Si. L.	0-15	10YR	3/3	10YR	5/3	19.7
	15-35	5YR	4/6	7.5YR	6/6	19.7
	35-70	5YR	4/6	7.5YR	6/6	31.7
南王田坋壤土 Nam-weng-tin Si. L.	0-25	5YR	3/4	7.5YR	4/4	22.4
	25-45	5YR	3/6	5YR	5/6	28.4
	45-100	2.5YR	3/6	2.5YR	4/8	39.1
東里坋壤土 Tung-li Si. L.	0-10	5YR	4/6	5YR	6/6	25.7
	10-80	—	—	2.5YR	4/4	29.7
鹿野坋壤土 Loc-shes Si. L.	0-15	5YR	3/4	7.5YR	5/4	24.4
	15-45	5YR	4/4	5YR	5/6	34.4
	45-70	5YR	4/4	5YR	5/6	38.4

表11：臺灣東部紅棕壤代表土系主要化學性質

Table 11: Major chemical properties of the soil series of reddish brown latosols in eastern part of Taiwan (*59*)

土系或土型 Soil series or types	深 度 Depth (cm.)	pH	鹽基飽和度 Base saturation (%)	SiO_2/Al_2O_3	SiO_2/R_2O_3	有機質 Organic matter(%)
舞鶴坋壤土 Wuu-heh Si. L.	0-15	5.4	27.6	1.19	1.47	3.28
	15-35	5.6	31.7	2.04	1.55	1.33
	35-70	6.0	45.6	1.98	1.49	0.58
南王田坋壤土 Nam-weng-tin Si. L.	0-25	5.0	44.8	2.12	1.52	2.29
	25-45	6.0	61.0	2.00	1.48	1.63
	45-100	6.4	43.0	2.27	1.58	0.87
東里坋壤土 Tung-li Si. L.	0-10	6.4	33.7	2.24	1.63	3.41
	10-80	—	41.0	2.23	1.62	1.00
鹿野坋壤土 Loc-shes Si. L.	0-15	6.8	39.6	2.04	1.52	3.46
	15-45	6.6	67.8	2.07	1.49	2.10
	45-70	6.6	58.8	2.07	1.46	—
三民壤土 Sam-min L.	0-15	6.4	62.3	1.96	1.35	4.16
	15-45	5.6	28.3	1.94	1.34	1.74

(4) 東部諸土系特徵見表10。物理性中之土色、色譜自2.5YR～10YR，以5YR爲多，色值潤時3～4，以3居多，乾時每較潤時高2單位；色度潤時，自2～6，以6爲多，乾時自4～8，亦以6爲多，粘粒有向下積聚之事實。化學性見表11，pH自5.4～6.8，鹽基飽和度五土系中有三土系在50%以下，二土系在50%以上，ki值在2左右，SiO_2/R_2O_3 在1.5左右，有機質中等，但僅一剖面超4%。粘土礦物見表5，以 Muscovite 及 Vermiculite 爲主要成分，前者自25～37%，後者自24～28%，Kaolinite 較次，15～20%，游離 Fe_2O_3 更次，自7～14%。

2. 成土因子方面：本省紅棕壤之分佈，大部發育於堦段臺地之洪積層上，不論南、北、東、西，凡有該更新世之臺地地區，均有其分佈。此更新世之臺地母質，除北部大屯火山彙下之火山岩屑，及南部恒春四溝一帶之珊瑚礁石外，其餘大率均屬砂岩、頁岩、礫卵石及粘土層，少部發育於丘陵山嶺上，各種母質均有見及，如集塊岩、凝灰岩、安山岩、玄武岩、以至砂岩、頁岩、粘板岩、片麻岩等。至於垂直分佈，可達拔海700公尺左右，如日月潭附近所見之日月潭系即屬之。

就近代氣候言之，溫度之差異並不顯著，雨量之差異則南部北部年雨量概在1,500～2,500公厘之間，惟年中雨期分佈迥異，北部夏期雨水，多於冬期，但冬期並不乾旱，南部之雨水年中分佈則乾濕季節明顯，冬期有連續之乾旱，東西仍受南北之差異牽制，是爲差異之明顯處。

就地形之影響言，前述化育於臺堦地者，土層一般較深厚，有達三、四公尺者，惟形態上無顯明之層次區分，化育於岡陵山嶺者，一般土層較淺，鮮有如前者之深厚，大率一公尺左右，甚或更淺。

三、本省紅棕壤生成之綜合討論

熱帶或亞熱帶高溫多雨地帶生成之紅色或黃色土壤，其成土作用最初以磚紅土化作用爲主，其後鹽基淋洗殆盡，酸性滲漏作用盛行，灰土化作用相隨而來，因有兩種作用合併育成，且具不同程度之演變，由於母質之不同，原始礦物之異差，各種環境之變異影響，因育成各種不同程度之紅，黃或棕色磚紅化土或其灰化土，具不同物理性、化學性或粘土礦物性之土壤，因而各國學者隨土壤學研究之進步所定或修訂之名稱頗多，站在世界性之土壤分類觀點言，有待統一分類系統之必要。

本省之紅棕壤過去係根據美國農部分類系統或其修訂之系統定名，在省內尚屬統一，惟就綜合說明之特徵及其成土因子，與近十年來世界各學者之新見解參證，頗多值得研商之處，茲分別研討於下：

(一)物理特徵之研討　過去調查報告及近年選樣重新研究者共39土系，其中有共同採用 Munsell 土色標準比對者僅25土系(請參閱表3, 6, 8, 10)。該土色潤時色值少於4，而色度少於6，乾時色值較潤時不致大一單位以上者，僅有石門系、興化系、及新坡系三土系，均屬於北部地區，其餘22系均不合上列鑑別特徵。換言之，如照美國農部1960年第七次土壤分類草案，僅有三土系可列入 Rhodochrults 即現時通用之紅棕壤土類、物理特徵中之粘粒含量，則39系大率均有微細土粒向下積聚之趨勢，似可有質地B層 (Argillic horizon) 生成之可能。

(二)化學特徵之研討　就質地B層之鹽基飽和度言，少於35%者，北部計有平鎮、鏡湖、桃園、興化、石門五土系，中西部有西屯、嘉義二土系，南部有獅子系，東部有三民系，共計九土系。其餘16系，即有質地B層，其鹽基飽和度均超35%以上，亦不列入 Ochrults 亞土綱。由粘粒部分之ki值，全部均在1.3以上，除南部6土系，東部之東里系，北部之新坡、八角店、鏡湖三系，均在2以上外，其餘均應列入磚紅化土無疑。

有機質之含量及粘土部分之游離 Fe_2O_3，均符合磚紅化土甚或紅棕壤之要求。

(三)成土母質之研討　論及母質以言，美國農部現通稱之紅棕壤，新分類列入 Rhodochrults 大率化育於鹽基性火成岩，其由酸性火成岩生成者，另列於他土類，即爲 Typochrults。本省火成岩之地區不多，僅北部之大屯火山彙，澎湖及東部海岸山脈有部分之分佈。前述興化系，係由北部

之火山岩屑位於海蝕臺地育成，石門系由凝灰岩育成，與澎湖系由玄武岩化育外，餘少部屬酸性火成岩，大部屬水成岩，如砂岩、頁岩或其老沖積層，或變質岩等育成。照美農部1960年之新分類，從母質立論，則本省過去所稱之紅棕壤，多數應屬舊稱之紅黃色灰化土，亦即新稱之 Typochrults。上列39土系，僅興化、石門、澎湖三土系屬紅棕壤。

(四)粘土礦物特質研討 本省紅棕壤之粘土礦物成分之分析，資材不多。就筆者近年研究之結果(*26*)(*61*)，16個東、西、南、北地區之代表剖面(見表5)，以花嶼粘土之磚紅壤化作用最高，以其不含 Vermiculite，而 Kaolinite 成分最高達60%，並於第一、二層含 Gibbsite，此外其餘15剖面之礦物成分均含有 Vermiculite 及 Muscovite 相當豐富，與 Kaolinite 同屬三主要成分，足證本省本類土壤之風化程度非深，第以不同地區比較，則北部諸土系風化較强，成土作用較深，尤以火山岩屑育成之興化、石門二土系為然，中西部諸土系次之，南部及東部諸土系更次之。

(五)成土之氣候因子研討 本省近代之氣候，溫度屬亞熱帶，60年之記錄，年平均溫度為22°C，年雨量 2,500m.m.。南部雨量集中於夏秋，有半年之乾旱季節，乾濕明顯，本為理想之磚紅土化作用環境，北部雨量較均勻，週年淋洗較盛。故如以近代之氣候說明本省紅棕壤之生成，在理論上以如斯高溫多雨之環境，風化作用應相當强烈，而南部更應有理想之磚紅化土壤生成，第事實上不然，從粘土礦物成分證明其風化程度不深，從形態物理及化學性質證明，北部之磚紅土化，較南部為佳，故近代之氣候，無法解釋本省紅棕壤之生成，而磚紅化土壤係前世紀之風化遺物，理論頗可依據。

(六)結論 總言之，本省之紅棕壤，照美國農部1960年新分類系統，就物理特徵言，39土系均有粘粒向下積聚之事實，質地B層有生成之可能；惟照土色標準則25土系中僅有石門、興化及新坡三土系可列入 Rodochrults 即昔稱之紅棕壤。由化學特徵言，則有機質及游離鐵含量均符合新分類之標準，至於鹽基飽和度<35%者，僅有興化、石門等九土系，而粘粒部分之 ki 值亦有10土系超出磚紅化土範圍；由成土之母質衡量，則大多數土系應歸屬紅黃色灰化土，亦即新分類之 Typochrults。從粘土礦物之成分由 Vermiculite, Muscovite 及 Kaolinite 均係主要成分，足證明本類土壤風化程度非深，除磚紅土化作用外，更有灰土化作用之。再證之本省近代氣候因子，對本類土壤之生成，殊難解釋其風化之程度與磚紅土化作用之進行，故本省紅棕壤之生成，應以磚紅化作用與灰土化作用共同解釋之。就其物理、化學與粘土礦物之特徵，以及近代氣候參證，大多數之土系，應歸屬紅黃色灰化土，或可稱為灰化紅棕壤。

四、摘　　要

本報告綜合紅棕壤生成之理論，檢討過去本省紅棕壤調查及研究事實與近年來研究之進展，分從紅棕壤本身之特徵，討論其生成，茲摘要於下：

(一)綜合過去文獻，紅棕壤之生成，包括磚紅土化作用與灰土化作用，生成於濕潤之熱帶或亞熱帶氣候與植物，尤以有顯明之乾濕季節與良好之排水環境下發育完善，至於母質則過去之文獻並無嚴格之規定，惟1960年美國第七次土壤分類草案，則認為 Rhodochrults 昔稱紅棕壤者，其生成母質為鹽基性火成岩；倘母岩鹽基減少則列入 Typochrults，即昔稱紅黃色灰化土者，亦有謂磚紅化土壤之母質，多係上新世至中新世風化之遺物。

(二)紅棕壤之特徵：(1) 物理性方面，土色用 Munsell 標準土色帖以規範之，色譜可由紅至棕，潤時色值少於4的質地B層，乾時色值較潤時不致大一單位以上。(2) 化學性方面，粘粒部分之 Sa 或 ki 值為1.33～2.00，游離鐵 Fe_2O_3 超10%，A_1 層之有機質低於4%，B層具低鹽基飽和度<35%。(3) 礦物性方面，磚紅土化土壤之粘土礦物成分以 kaolinite 為主，Gibbsite 與 Fe_2O_3 亦與焉；由灰土化作用生成較顯之紅棕壤與黃色灰化土，其粘土礦物成分，除 Koalinite 為主要成分外，Vermiculite 與 Gibbsite 占次要成分，由水成母質生成之剖面，則B層下並無 Gibbsite

發見，至於 Illite 係存在於中間性的黃色灰化土中。

(三)本省之紅棕壤，光復後係根據美農部分類系統或其修訂系統定名。該類土壤之分佈，大部化育於 700 公尺以下之更新世堦段臺地上。其母質除北部大屯火山彙下之火山岩屑及南部恒春、四溝一帶之珊瑚礁石外與澎測之玄武岩外，其餘大部均屬砂岩、頁岩、礫卵石、砂及粘土層，少部化育於丘陵山嶺上，各種母質均有見及，如集塊岩、凝灰岩、安山岩、玄武岩、以至砂岩、頁岩、粘板岩、及片岩等，全省凡39土系。

(四)筆者近年在全省選取15代表土壤剖面，包括二種不同地形，七種不同母質，四種不同地區，進行其物理性、化學性及粘土礦物之研究，再綜合前人過去之研究，分從各代表土壤之本身特徵，以討論其生成結論如下：

1. 就物理特徵言，本省紅棕壤，39土系中，均有粘粒向下積聚之事實，質地B層因有生成之可能，惟照美國農部1960年新分類系統，則25土系中，僅有石門、興化及新坡三土系之土色標準可列入 Rodochrults，即昔稱之紅棕壤。

2. 由化學特徵，則有機質及游離 Fe_2O_3 含量均符合新分類之標準，至於鹽基飽和度<35%者，僅有興化、石門等 9 土系，粘粒部分之 ki 值亦有10土系，超出磚紅化土之範圍。

3. 由成土之母質衡量，則大多數土系應歸屬紅黃色灰化土，亦即新分類之 Typochrults。

4. 自粘土礦物之成分，由 Vermiculite, Muscovite 及 Kaolinite 均係主要成分，足證本類土壤風化程度非深，除磚紅土化作用外，更有灰土化作用之進行，再證之本省近代氣候因子，對本類土壤之生成，殊難解釋其風化之程度與磚紅土化作用。

5. 故本省紅棕壤之生成，有磚紅土化作用與灰土化作用共同進行，就其物理、化學與粘土礦物之特徵，以及近代氣候參證，大多數之土系，應歸屬紅黃色灰化土，或可稱為灰化紅棕壤。

五、參 考 文 獻

(1) BUCKMAN, H. O. & BRADY, N. C. (1960): The nature and properties of soils. p. 311-313
(2) JOFFE, J. S. (1949): Pedology. p. 459-518
(3) ROBINSON, G. W. (1951): Soils, their origin, constitutien and classification. p. 398-409
(4) U. S. D. A. (1938): Year book of agriculture, Soils and Men. p. 948-1001
(5) THROP, J. & SMITH, G. D. (1949): Higher caterories of soil classification. Soil Sci. Vol. 67 No. 2 p. 111-120
(6) BENNETT, H. H. (1926): Some comparisons of the properties of humid tropical and humid-temperate Americam soils. Soil Sci. Vol. 21 p. 349-374
(7) SIMONSON, R. W. (1950): Genesis and classification of red-yellow podzolic soils. Soils. Sci. Soc. Amer. Proc. 14 p. 316-319
(8) MOHR, E. C. & VAN BAREN, F. A. (1954): Tropical soils.
(9) CLINE, M. G. (1955): Soil survey of the territary of Hawaii.
(10) NYUN, M. A. & MCCALEB, S. R. (1955): The reddish-brown lateritic soils of the North Caroline Piedmont region. Soil. Sci. 80: 27-41
(11) STANLEY, B. & MCCLALEB, S. B. (1959): The genesis of the red-yellow podzolic soils. Soil Sci. Sos. Amer. Proc. Vol. 23: 164-168
(12) U. S. D. A. (1960): Soil classification: A comprehension system. 7th, Approximation. Soil survey staff soil conservation service.
(13) Bennema, J. (1963): The red and yellow soils of the tropical and subtropical uplands. Soil Sci. Vol. 95: 250-257
(14) BENNEMA, J. & VETTORI, L. (1960): The inflience of the carbon clay and silica sesquioxide ratios on the pH of Latosols. 7th intern. Cong. of Soil Sci. Comm. V. 34 Vol. IV: 244-251
(15) HARRIS, S. A. (1960): A new genetic classification of the major world soil groups. 7th intern. Cong. of Soil Sci. Vol. IV: 136-150
(16) HARRIS, S. A. (1963): On the classification of Latosols and tropical brown earths of high-rain-fall areas. Soil Sci. Vol. 96: 210-215.
(17) SHIBUYA, K. (1932): The laterite soils of Formosa Island. Soil Sci. 13, No. 6
(18) SHERMAN, G. D. & ALXANDER, L. T. (1959): Characteristics and genesis on Low Humic

Latosols. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 23: 168-170

(19) KAYE, C. A. (1951): Some paleasols of Puerto rico Soil Sci. 71: 329-336

(20) Merwe & Heystek (1952): Clay mineral of South Africa soil groups. 1. Laterite & related soils. Soil Sci. Vol. 74 No. 5 p. 383-401

(21) PRESCOTT, J. A. & PENDLETON, R. L. (1952): Laterite and Lateritic soils. Commonwealth Agr. Bureaux Farnlam Rohal, Bucks, England

(22) STANLEY, B. MCCALEB (1959): The genesis of the Red-yellow podzolic soils. Soil Sci. Soc. Proc No. 23: p. 164-168

(23) DUDAL R. & SOEPRAPTOHARDJO (1960): Some consideration on the genetic relationship between latosols and andosola in Java Transaction of 7th International congress of soil science Vol. IV Conmission V: 229-234

(24) CHEN TSEN-TUO (1956): Differntial Thermal Analysis and X-ray Analysis of Certaly Clay Minerals of Taiwan Soils. Jour. of the Chinese Chem. Socicty, Vol. 3 No. 1-2

(25) HONG KUN HUANG (1954): On some physical properties of Red Soils of Taiwan. B. A. Thesis, Copy on File at National Taiwan University.

(26) K. W. LEUNG (1963): Clay mineral of fifteen soil profiles of Reddish-brown latosols in Taiwan, China. (unpublished)

(27) LEUNG KU-WING & CHEN TSEN-TUO (1957): Soils of Taiwan. Jour. of the Agri. Assoc. of China.

(28) HOUNG, K. H. & CHEN, T. T. (1959): Certain physicochemical prperties of the Pinchen clay and the function of its free iron oxide and organic matter. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Vol. 23, No. 4

(29) LIN, S. Y. & CHEN, T. T. (1963): Measurements of capillary conductivity for a Taiwan Latosol and alluvial soil. Soils Sci. Soc. Proc. Vol 27: 127-130

(30) 席連之(1951)：臺灣省土壤調查報告書，臺肥公司叢刊第五種

(31) 茹皆耀等(1947)：臺中縣之土壤，臺灣農業試驗所專報，第六號

(32) 梁鉅榮(1950)：澎湖縣之土壤，臺灣農業試驗所報告，第一號

(33) 梁鉅榮等(1951)：臺南縣之土壤，臺灣農業試驗所報告，第六號

(34) 梁鉅榮等(1953)：高雄縣之土壤，臺灣農業試驗所報告，第十一號

(35) 梁鉅榮等(1954)：屏東縣之土壤，臺灣農業試驗所報告，第十四號

(36) 張仲民(1954)：臺灣省新竹縣關西鎮茶園之土壤，農林通訊五卷四期至六卷一期

(37) 孫慧貞(1954)：次碘酸鹽法測定臺灣省土壤中有機質性能之研究，化學第一卷

(38) 歐彥俊(1957)：磷酸與氮氣利用關係之研究，臺大農化第四號

(39) 蔡雨時(1957)：臺灣平鎮紅土之改良栽培試驗，學士論文存臺大圖書館

(40) 孫永光(1957)：臺灣若干耕土中磷酸分離與定量，學士論文存臺大圖書館

(41) 秦維聰(1957)：臺灣若干耕土之磷酸效應，臺大農院專刊第四號

(42) 秦維聰(1957)：若干水田土壤可溶性磷量之差異及磷酸固定能量之研究，臺大農化第六期

(43) 秦維聰(1958)：水田土壤磷肥效應之研究，臺大農化第七期

(44) 朱文光(1960)：臺灣土壤中磷之化合態，中華農學會報新30期

(45) 梁鉅榮等：臺北縣之土壤，未印稿

(46) 曾浴沂等(1963)：新竹縣之土壤，省農試所報告第22號

(47) 朱惠民梁鉅榮(1964)：苗栗縣之土壤，省農試所報告第23號

(48) 陳振鐸(1959)：臺灣紅棕壤之若干理化學性質與改良土壤物料對其物理性之影響，中華農學會報新26期

(49) 陳振鐸(1961)：紅棕壤之主要營養素受水稻連續栽培影響之研究，中華農學會報新34期

(50) 周昌蕓席連之(1954)：臺灣省桃園縣土壤調查報告書，肥料公司叢刊第二十一種

(51) 陳振鐸(1961)：紅棕壤水田的理化性質之研究，臺大農院報告 6 卷 2 期

(52) 陳振鐸(1961)：紅棕壤之灌溉施肥及犂起深度試驗，臺糖種畜場40-50年期報告

(53) 陳振鐸(1963)：紅棕壤水田之滲透度，臺大報告 7 卷 1 期

(54) 陳振鐸(1963)：紅棕壤旱水田之酸性與置換及溶解態鐵鋁之動態，中國農化學會誌一卷一二期

(55) 陳振鐸(1964)：鈣鈉化合物對紅壤滲透性之影響，中國農化學會誌二卷三四期

(56) 林韞珠(1962)：臺灣土壤中含鐵量的初步研究，科學農業10卷12期65-68頁

(57) 盛澄淵等(1964)：桃園紅壤含磷鉀量與水稻營養及肥料效應之關係，中華農學會報新48期

(58) 梁鉅榮(1960)：本省紅棕壤數代表剖面之理學性質研究，未刊稿

(59) 梁鉅榮(1962)：本省紅棕壤數代表剖面之化學性質研究，未刊稿

(60) 陳春泉、梁鉅榮(1962)：桃園縣土壤，省農試所報告第21號

(61) 梁鉅榮、黎靜韻(1965)：澎湖紅棕壤之化育研究，農業研究十四卷一期1-14頁

A Synthesis Study of the Genesis of Reddish Brown Latosols in Taiwan

by

K. W. LEUNG[1] *and* C. Y. LAI[2]

Summary

This report includes the general review on the theories of the formation of Reddish Brown Latosols and some evidence being found during the period when soil survey and recent studies concerning the particular subject. In view of these general findings, the genesis of Reddish Brown Latosols is clarified. It may be summarized as follow:

1. From the previous reports it is learned that the genesis of Reddish Brown Latosols includes laterization and podzolization. The Reddish Brown Latosols are found in humid climates ranging from cool-temperate to the tropics or subtropics regions. Apparently dry and wet alternate seasons. are much favorable to the formation. There is no strict limit for the parent material being recorded the in past literature, but the parent materials is confessed by the 7th approximation of soil classification U. S. D. A. 1960. As Rhodochrults which have been called Reddish Brown Latosols are primarily basic igneous rocks. they grade into Typochrults which have been called Red-yellow podzolic soils if the parent rocks become less basic. The parent material of the Reddish Brown Latosols was also called the weathering residual product of the Pliocene and Miocene age.

2. The characteristics of the Reddish Brown Latosols:

(1) Physical properties: The soils are having an argillic horizon that has moist color values of less than 4, and dry values no more than 1 unit higher than the moist values. Hues may range from the reds to the browns.

(2) Chemical properties: The Sa or Ki value of the clay fraction is 1.33–2.00 and the free iron content ranges from about 12 to more than 30 percent of the clay fraction. The organic matter of A_1 horizon is less than 4% and the base saturation of the B horizon is $<35\%$.

(3) Mineralogical properties: Kaolinite is the dominating mineral with a little gibbsite and some Fe_2O_3 is usually found in latosols. The Reddish Brown Latosols and Yellow Podzolic soils are developed apparently from podzolization. Kaolinite is their major mineral, while Vermiculite and Gibbsite are the second component. Gibbsite is not present in B horizon while the profile is developed from sedimentary rock. Illite is presented in Yellow Podzolic soils.

3. After the restoration of Taiwan. the classification fo Reddish Brown Latosols of Taiwan were followed the used system of U. S. D. A. or its modified system. Those soils are mostly developed on the pleistocene terrace table land less than

1, 2, Senior Specialist and Specialist, Taiwan Agricultural Research Institute, respectively.

700 M. in elevation and that are formed from the rounded gravel, sand or clay deposite. Most of their parent materials are sandstone and shale except the volcanic debris of the Tatung volcanic region in the northern part and the coral reef limestone of Saukou, Hengchun in the southern part and the basalt of Penghu mesa. Some of them are developing on the rolling hill and formed from various parent rocks such as turf, andesite, sandstone, shale, slate and schist. 39 soil series have been found in the whole province.

4. Recently the author had collected 15 representative soil profiles of the Reddish Brown Latosols from the whole province. They represented 2 kinds of relief, deriving from 7 kinds of parent materials and distributed from 4 different areas. The physical, chemical and mineralogical characteristics have studied respectively. The discussion on the genesis of Reddish Brown Latosols base on their individual characteristics has been made. The results are as follows:

(1) Physical characteristics: The formation of the argillic horizon of Reddish Brown Latosols in Taiwan seems possible, because the clay particles of 39 soil series have accumulated in the low layer from the surface. From the soil color standard in the new classification system used by U. S. D. A. 1960. Among 25 soil series, there are only 3 seriès (Shike-man, Hing-hwa and Singpo) may be classified as Rodochrults or Reddish Brown Latosols.

(2) Chemical characteristics: The contents of organic matter and free Fe_2O_3 are agree with the standard of the new system. The base saturation of Hing-hwa, Shike-man....etc. nine series are less than 35%. The Ki values of the clay fraction of 10 soil series are out of the range of laterization limit.

(3) Base on the point of parent material, majority of the soil series should belong to Red-yellow podzolic soil or the Typochrults of the new system.

(4) It can approve that the weathering process is not very strong and there is some podzolization acting on these soils except laterization, according to the composition of clay minerals which Muscovite, Vermiculite and Kaolinite are the three dominating minerals. Thus we can hardly to interprete the degree of weathering and the process of laterization during the development of those soils base on the recent climatic data.

(5) The genesis of Reddish Brown Latosols should attributed laterization and podzolization. Base on the physical, chemical and clay mineral characteristic data, as well as recent meteorological records, most of the soil series should be classified as Red-yellow podzolic soils or known as Podzolic Reddish Brown Latosols.